

①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 102 33 182 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 02 M 33/00

②① Aktenzeichen: 102 33 182.0
②② Anmeldetag: 22. 7. 2002
④③ Offenlegungstag: 3. 7. 2003

DE 102 33 182 A 1

③⑩ Unionspriorität:
10/036661 21. 12. 2001 US

⑦① Anmelder:
Caterpillar Inc., Peoria, Ill., US

⑦④ Vertreter:
WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München

⑦② Erfinder:
Moncelle, Michael E., Bloomington, Ill., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ Integration einer Lufttrennmembran und eines Sammelfilter zur Anwendung bei einem Lufteinlasssystem eines Motors
- ⑤⑦ Ein Einlasslufttrennsystem, das für Verbrennungsluft eines Verbrennungsmotors geeignet ist, wird offenbart. Eine Lufttrennvorrichtung des Systems weist eine Vielzahl von Fasern auf, wobei jede Faser ein Rohr mit einer Durchlassbarrierenlage auf seiner Außenseite besitzt, und eine Sammellage auf seiner Innenseite, um Flüssigkeitströpfchen davon abzuhalten, die Durchlassbarrierenlage zu berühren.

DE 102 33 182 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Einlasslufttrennsysteme für Verbrennungsmotoren und insbesondere auf ein Einlasslufttrennsystem, welches eine Lufttrennmembran aufweist, die geeignet ist, um Ströme von sauerstoffangereicherter Luft und stickstoffangereicherter Luft zu erzeugen, und zwar integriert mit einem Sammel-
 10 filter zur Entfernung von Flüssigkeiten.

Hintergrund

[0002] Abgasemissionsregelungen sind immer restriktiver geworden, und Hersteller von Verbrennungsmotoren stehen entgegenlaufenden Interessen gegenüber, dass sie Emissionsanforderungen erfüllen müssen, während sie eine akzeptable Motorleistung bieten müssen, die einen guten Brennstoffwirkungsgrad mit einschließt. Abgasemissionen weisen
 20 sichtbaren Rauch, Partikelstoffe und Stickoxide (NO_x) auf. Partikelstoffe weisen unverbrannte Kohlenwasserstoffe und Ruß auf, während NO_x -Emissionen eine in gewisser Weise unbestimmte Mischung von Stickoxiden sind, die in erster Linie NO und NO_2 aufweisen können. Viele Ansätze sind
 25 verwendet worden, um Emissionsausgaben anzusprechen, wie beispielsweise die Brennstoffeinspritzung, Verbrennungssteuerstrategien und -systeme, Nachbehandlungssysteme und Abgasrückzirkulationssysteme (AGR-Systeme).

[0003] Versuche bei der Lösung eines Bereiches können einen negativen Einfluss auf die anderen haben. Beispielsweise haben Abgasreduktionssysteme oft einen negativen Effekt auf die Brennstoffausnutzung. Um die Brennstoffausnutzung oder die Leistungsdichte zu verbessern, ist es bekannt, die Menge des Sauerstoffs in der Brennkammer zu steigern. Dies ist in der Vergangenheit getan worden durch Komprimieren der Verbrennungsluft, die zur Brennkammer
 30 geliefert wurde. Das Komprimieren der Verbrennungsluft steigert den Sauerstoff, der für die Verbrennung verfügbar ist. Turbolader sind für diesen Zweck verwendet worden.

[0004] Die Nachbehandlung von Abgasen kann verwendet werden, um die Menge von unverbranntem Kohlenwasserstoffen zu reduzieren, und zwar durch fortgesetzte Oxidation der unverbrannten Kohlenwasserstoffe. Eine Sekundärluftversorgung kann in dem Abgasstrom vorgesehen werden. Die schon hohe Temperatur des Abgasstromes wird die weitere Verbrennung mit der Einleitung von zusätzlichem Sauerstoff in den Abgasstrom unterstützen. Ein Konflikt tritt dahingehend auf, dass während die Partikelstoffe verringert werden, eine weitere Oxidation immer höhere Temperaturen
 45 im Abgassystem erzeugt. Die Auslegung der Abgassysteme für diese höheren Temperaturen erfordert Komponenten, die einer viel heißeren Umgebung widerstehen können. Solche Komponenten sind oft schwer und teuer und können eine häufigere Instandhaltung erfordern.

[0005] Ein verringerter Brennstoffverbrauch und eine verringerte Partikelerzeugung gehen oft Hand in Hand. Jedoch steigt gleichzeitig die NO_x -Produktion oft an. NO_x bildet sich, wenn sich Stickstoff bei einer Umgebung mit hoher Temperatur mit übermäßigem Sauerstoff vermischt, der nicht im Verbrennungsprozess verwendet wurde. Während daher übermäßiger Sauerstoff und hohe Verbrennungstemperaturen bei der Reduzierung des Brennstoffverbrauches vorteilhaft sind, ist die gleiche Kombinationen bezüglich der gesteigerten NO_x -Bildung schädlich. Motorhersteller
 60 müssen ein genaues Gleichgewicht treffen, wodurch die NO_x -Produktion, der Brennstoffverbrauch und die Bildung von Partikelstoffen gesteuert werden, um Abgasregelungen

und die Anforderungen des Anwenders des Motors zu erfüllen.

[0006] Die NO_x -Reduktion ist unter Verwendung der Abgasrückzirkulation (AGR) erreicht worden. Durch Einleitung eines AGR-Flusses in die Brennkammer wird die Menge des verfügbaren Sauerstoffes zur Bildung von NO_x verringert. Durch Verringerung der Sauerstoffmenge wird der Verbrennungsprozess verlangsamt, wodurch die Spitzentemperaturen in der Brennkammer verringert werden. AGR-Systeme verwenden typischerweise Abgas, können jedoch auch angereicherte Quellen für Stickstoff verwenden.

[0007] Das US-Patent 6289884 "INTAKE SEPARATION SYSTEM FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE" (Einlasslufttrennsystem für einen Verbrennungsmotor), ausgegeben am 18. September 2001 offenbart ein Verfahren und ein System zur Einlasslufttrennung in einem Verbrennungsmotor. Eine Einlasslufttrennvorrichtung verwendet eine Membran zur Trennung der Einlassluft in einen Fluss von sauerstoffangereicherter Luft und einen Fluss von stickstoffangereicherter Luft. Eine Spülluftschaltung wird verwendet, um einen Fluss von Spülluft oder Reinigungsluft in die Lufttrennvorrichtung zu liefern, wodurch die Wirksamkeit der Lufttrennung gesteigert wird.

[0008] Eines der Probleme, das mit der Anwendung von Lufttrennmembranen assoziiert ist, ist die Ansammlung von kleinen Tröpfchen von Strömungsmittel (Aerosole) auf der Oberfläche der Membranen, und zwar mit der daraus folgenden Absenkung des Wirkungsgrades der Auftrennung. Aerosole können aus einer Schmierung von stromaufwärts liegenden Ausrüstungsgegenständen resultieren, wie beispielsweise Kompressoren, und aus der Kondensation von Wasser oder anderen Dämpfen, die in dem Gasstrom vorhanden sind, der getrennt wird. In stationären Systemen und Verarbeitungssystemen, die die Technologie der Lufttrennmembranen verwenden, kann das Problem durch Anwendung von getrennten Sammel filtern überwunden werden, um die Aerosole stromaufwärts der Trennmembran zu entfernen. Bekannte Konstruktionen von solchen Sammel filtern sind
 40 Relativ zu dem verarbeiteten Volumen des Luftstroms groß und haben große Druckabfälle, die mit den dort hindurch geleiteten Luftströmen assoziiert sind. Wegen der Größe des Filters und des assoziierten Druckabfalls ist die Anwendung von getrennten Sammel filtern bei den meisten Motoranwendungen, die Lufttrennmembranen einsetzen, nicht praktisch durchführbar gewesen.

[0009] Die vorliegende Erfindung ist darauf gerichtet, eines oder mehrere der oben dargelegten Probleme zu überwinden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0010] Gemäß eines Aspektes der Erfindung sieht ein Einlasslufttrennungssystem stickstoffangereicherte Luft für einen Verbrennungsprozess in einen Verbrennungsmotor vor. Das Einlasslufttrennungssystem wird mit Einlassluft beliefert, die geeignet ist, um Einlassluft zu liefern, die beim Verbrennungsprozess für den Motor verwendet wird. Eine Einlasslufttrennvorrichtung ist in Flussverbindung mit der gelieferten Einlassluft und ist geeignet, um die Einlassluft aufzunehmen und die Einlassluft in einen sauerstoffangereicherten Luftstrom und einen stickstoffangereicherten Luftstrom aufzutrennen. Die Einlassluftvorrichtung weist einen integralen Sammel filter auf. Ein Permeat- bzw. Durchlassauslass ist in Strömungsmittelverbindung mit der Einlasslufttrennvorrichtung und ist geeignet, um den sauerstoffangereicherten Luftstrom aufzunehmen. Ein Retenat- bzw. Rückhaltauslass ist in Strömungsmittelverbindung mit der

Einlasslufttrennvorrichtung und der Einlasssammelleitung.
 [0011] Gemäß eines weiteren Aspektes der Erfindung weist ein Verfahren zur Trennung eines Einlassluftflusses in einem Verbrennungsmotor mit einem Einlassluftsystem, dass geeignet ist, um Einlassluft zu einer Einlasssammelleitung zu liefern und auch zu einer oder mehreren Brennkammern, folgende Schritte auf: vorsehen einer Einlasslufttrennvorrichtung, die eine Durchlassbarrierenlage aufweist; leiten der Einlassluft in die Einlasslufttrennvorrichtung; Aufteilung der Einlassluft bei der Durchlassbarrierenlage in der Einlasslufttrennvorrichtung in einen sauerstoffangereicherten Luftstrom und einen stickstoffangereicherten Luftstrom; vorsehen einer Sammelleitung in der Einlasslufttrennvorrichtung zum Rückhalt von flüssigen Tröpfchen, so dass sie nicht die Durchlassbarrierenlage erreichen; und leiten der flüssigen Tröpfchen von der Lufttrennvorrichtung weg mit dem stickstoffangereicherten Luftstrom.

[0012] Gemäß noch eines weiteren Aspektes der Erfindung ist eine Gastrennvorrichtung zur Auftrennung eines herein kommenden Gasstroms in einen Strom mit einem ersten Gasbestandteil und einen Strom mit einem zweiten Gasbestandteil mit einer Hülle, mit einem Einlass in die Hülle zur Aufnahme des herein kommenden Abgasstromes, mit einem Durchlassauslass aus der Hülle für den Strom mit dem ersten Gasbestandteil und einem Rückhaltauslass aus der Hülle für den Strom mit dem zweiten Gasbestandteil vorgesehen. Eine Vielzahl von Fasern ist in der Hülle angeordnet, die jeweils geeignet sind, um einen Teil des herein kommenden Gasstromes aufzunehmen. Jede Faser weist eine Durchlassbarrierenlage auf, die geeignet ist, um den Teil des herein kommenden Gasstromes in einen Strom mit einem ersten Gasbestandteil und einen Strom mit einem zweiten Gasbestandteil aufzutrennen, und eine Sammelleitung, die den Durchlass von Flüssigkeitstropfen zur Durchlassbarrierenlage beschränkt.

[0013] Gemäß noch eines weiteren Aspektes der Erfindung ist ein Verbrennungsmotor mit einem Verbrennungsabschnitt vorgesehen, der eine Vielzahl von Brennkammern aufweist, weiter ein Abgassystem, dass eine Auslassleitung aufweist, eine Einlasssammelleitung und ein Einlasslufttrennsystem, das geeignet ist, um einen stickstoffangereicherten Luftstrom für einen Verbrennungsprozess innerhalb der Vielzahl von Brennkammern zu liefern. Das Einlasslufttrennsystem hat einen Einlassluftereinlass, der geeignet ist, um die in dem Verbrennungsprozess für den Motor verwendete Einlassluft zu liefern. Eine Einlasslufttrennvorrichtung ist in Flussverbindung mit dem Einlassluftereinlass und ist geeignet, um die Einlassluft aufzunehmen und die Einlassluft in einen sauerstoffangereicherten Luftstrom und einen stickstoffangereicherten Luftstrom aufzutrennen. Die Einlasslufttrennvorrichtung weist einen integralen Sammelfilter auf. Ein Durchlassauslass ist in Strömungsmittelflussverbindung mit der Einlasslufttrennvorrichtung und ist geeignet, um den sauerstoffangereicherten Luftstrom aufzunehmen. Ein Rückhaltauslass ist in Strömungsmittelflussverbindung mit der Einlasslufttrennvorrichtung und der Einlasssammelleitung und ist geeignet, um den stickstoffangereicherten Luftstrom zur Einlasssammelleitung zu liefern, und zwar zur Verwendung im Verbrennungsprozess.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0014] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Verbrennungsmotors mit einem Einlassluftsystem mit einer integrierten Lufttrennmembran und einen Sammelfilter der vorliegenden Erfindung;

[0015] Fig. 2 ist eine Ansicht der in Fig. 1 gezeigten Lufttrennvorrichtung;

[0016] Fig. 3 ist eine schematische Darstellung der in Fig. 2 gezeigten Vorrichtung in Längsquerschnitt; und

[0017] Fig. 4 eine vergrößerte perspektivische Ansicht von einer Faser der Lufttrennvorrichtung.

Detaillierte Beschreibung

[0018] Mit Bezug auf die Zeichnungen und insbesondere auf Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Einlasslufttrennsystems 10 für einen Schwerlast-Dieselmotor 12 gezeigt.

[0019] Eine Einlassseite des Dieselmotors 12 weist eine Einlassluftleitung 14, eine Einlasssammelleitung 16 und eine Komprimierungsvorrichtung 18 für die Einlassluft auf, wie beispielsweise einen Turbolader, der einen Einlassluftkompressor 20 aufweist, der damit verbunden ist, und der von einer abgasgetriebenen Turbine 22 angetrieben wird. Ein Zwischenkühler oder Luft-Luft-Nachkühler (ATAAC) 24 ist in der Einlassluftleitung 14 vorgesehen, und zwar zwischen dem Kompressor 20 und der Einlasssammelleitung 16. Der Luftkompressor 20 nimmt Einlassluft von einem Einlassluftereinlass 26 auf.

[0020] Der Motor 12 weist weiter einen Hauptverbrennungsabschnitt 30 auf, der u. a. einen Motorblock und einen Zylinderkopf aufweist, die eine Vielzahl von Brennkammern 32 darin bilden. Brennstoffeinleitungsmittel wie beispielsweise eine Brennstoffeinspritzvorrichtung, ein Einspritzanschluss oder eine Sammelleitungseinleitung für den Brennstoff; eine Zylinderauskleidung; mindestens ein Einlassanschluss und entsprechende Einlassventile; mindestens ein Auslassanschluss und entsprechende Auslassventile und ein hin und her bewegbarer Kolben in jeder Kammer 32 sind vorgesehen oder mit jeder Brennkammer 32 assoziiert.

[0021] Ein Abgassystem 40 weist eine Auslasssammelleitung 42 oder geteilte Auslasssammelleitungen auf, und eine oder mehrere Auslassleitungen 44, die einen Auslassstrom bzw. Abgasstrom enthalten, wie von den Pfeilen 46 angezeigt, und zwar aus der Auslasssammelleitung 42. Die Auslassleitung 44 leitet den Abgasstrom 46 zur Turbine 22, um die Turbine 22 in bekannter Weise anzutreiben. Die Auslassleitung 44 leitet den Abgasstrom 46 weg von der Turbine 22 zur weiteren Verwendung, wie noch beschrieben wird, und zum daraus folgenden Auslass. Optional kann das Abgassystem bzw. Abgassystem 40 weiter eine oder mehrere (nicht gezeigte) Nachbehandlungsvorrichtungen aufweisen, wie beispielsweise Partikelfallen, NOx-Absorptionsvorrichtungen, Oxidations- und/oder Mager-NOx-Katalysatoren oder ähnliche Vorrichtungen.

[0022] Ein Motorsteuermodul (ECM) 50 ist vorgesehen, um betriebsmässig die Brennstoffeinspritzzeitsteuerung und die Betriebsvorgänge der Ventile des Luftsystems ansprechend auf einen oder mehrere gemessene oder abgefühlte Motorbetriebsparameter zu steuern. Um Eingangsdaten zum Motor Steuermodul 50 zu liefern, sind einer oder mehreren Sensoren 52 vorgesehen, die verschiedene Motorbetriebszustände bei verschiedenen Stellen im Motor abfühlen. Beispielsweise ist ein solcher Sensor 52 in der Einlasssammelleitung 16 gezeigt, er könnte jedoch irgendwo sonst im Luft-einlasssystem 10 vorgesehen werden, um Daten bezüglich des Einlassluftdruckes zum Motorsteuermodul 50 zu liefern. Andere Sensoren 52 können Temperatursensoren, Sauerstoffsensoren oder ähnliches sein, wie der Fachmann leicht verstehen wird, um die nötigen Eingangsinformationen bezüglich der Betriebszustände des Motors 12 zu liefern. Zusätzlich weist der Motor 12 verschiedene Ventile, Filter, Betätigungsvorrichtungen, Bypass- bzw. Überleitungsschaltungen usw. auf, die betriebsmässig mit dem Motorsteuermodul 50 durch Operatoren bzw. Steuergeräte 54 gekoppelt

sind, die ansprechend auf eine Vielzahl von Motorbetriebszustände zu steuern sind, wie beispielsweise die Motordrehzahl, die Motorbelastung, der Ladedruckzustand usw.

[0023] Während das vorliegende Einlasslufttrennsystem **10** zur Anwendung in einem direkt einspritzenden Schwerlast-Reihen-Sechs-Zylinder-Vier-Takt-Dieselmotor beschrieben wird, können verschiedene andere Bauarten eines Motors verwendet werden, wie beispielsweise Motoren für alternative Brennstoffe, Benzinmotoren, Erdgasmotoren, Zwei-Takt-Motoren, Dual-Brennstoff-Motoren usw. Die Motorkonfigurationen können Reihen-Motoren und/oder V-Motoren sein, genauso wie verschiedene Modifikationen bezüglich der Anzahl der vorgesehenen Brennkammern **32**.

[0024] In dem in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Einlassluftleitung **14** in Flussverbindung mit dem Einlassluftereinlass **26**, mit dem Kompressor **20** des Turboladers **18** und dem ATAAC bzw. Luft-Luft-Nachkühler **24**. Obwohl das Einlasslufttrennsystem **10** in Verbindung mit einem turboaufgeladenen Dieselmotor gezeigt und beschrieben wird, ist das System **10** genauso bei Motoren mit einem Turbolader mit variabler Geometrie (VGT) oder in anderen überladenen Motoren nützlich.

[0025] Das Einlasslufttrennsystem **10** weist eine Einlassgastrennvorrichtung oder Einlasslufttrennvorrichtung **60** auf, die geeignet ist, um Verbrennungsluft am Einlass **62** der Trennvorrichtungen **60** aufzunehmen. Innerhalb der Trennvorrichtungen **60** wird der herein kommende Gasstrom, der in dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel ein Verbrennungsluftstrom ist, der von den Pfeilen **64** gezeigt wird, in einen Strom mit einem ersten Gasbestandteil und einen Strom mit einem zweiten Gas Bestandteil getrennt. Der Verbrennungsluftstrom **64** kann die gesamte erforderliche Verbrennungsluft für den Motor **12** sein, oder kann zumindest ein Teil der erforderlichen Verbrennungsluft in einem (nicht gezeigten) System sein, in dem ein Teil der Verbrennungsluft an der Trennvorrichtung **60** vorbeilaufen kann. In dem System **10** ist der Strom mit dem ersten Gasbestandteil einen sauerstoffangereicherten Luftstrom, der von den Pfeilen **66** bezeichnet wird, und der Strom mit dem zweiten Gasbestandteil ist ein stickstoffangereicherten Luftstrom, der von den Pfeilen **68** bezeichnet wird, die die Trennvorrichtung **60** über einen Durchlassauslass **70** bzw. einen Rückhaltauslass **72** verlassen. Bei anderen Anwendungen der vorliegenden Erfindung können die Ströme mit den ersten und zweiten Gasbestandteilen andere Gase sein als die sauerstoffangereicherten und stickstoffangereicherten Gase.

[0026] Ein Spülgaseinlass **74** ist auch vorgesehen, um ein Spülgas oder ein Reinigungsgasfluss, der durch die Pfeile **76** angezeigt wird, zu liefern, um den Wirkungsgrad für die Permeation bzw. Filterung der Trennvorrichtungen **60** zu verbessern. Der Spüleinlass **74** ist über eine Spülgasleitung **78** mit der Auslassleitung bzw. Abgasleitung **74** verbunden, wodurch Abgas als Spülgasfluss **76** geliefert wird. Es sei bemerkt, dass der Spülgasfluss **76** auch von anderen Quellen als der Auslassleitung **44** geliefert werden kann. Beispielsweise kann auch saubere Luft von der Einlassseite des Kompressors **20** verwendet werden, wobei in diesem Fall die Spülgasleitung **78** angeschlossen sein könnte, um einen Luftfluss vom Einlassluftereinlass **26** aufzunehmen. Der Spülgasfluss **76** wird im wesentlichen mit dem Durchlassfluss oder dem sauerstoffangereicherten Luftstrom **66** kombiniert, der die Trennvorrichtung **60** über den Durchlassauslass **70** verlässt.

[0027] Die Einlasslufttrennvorrichtung **60** verwendet vorzugsweise selektiv permeable bzw. selektiv durchlässige Trennmembran **80**, die einen herein kommende Gasstrom in erste und zweite Ströme auftrennt, die mit unterschiedlichen Gasen angereichert sind. Für den Motor **12**, wie veranschau-

licht wird, werden Membranen **80** bezüglich ihrer Fähigkeit zur Auftrennung der umgebenden Einlassluft in Ströme von sauerstoffangereicherter Luft und von stickstoffangereicherter Luft aufzutrennen. Solche Membranen **80** sind in der Technik wohlbekannt, wie von den Veröffentlichungen im US-Patent 5649517 (Poola und andere); im US-Patent 5526641 (Sekar und andere); im US-Patent 5640845 (Ng und andere); und im US-Patent 5147417 (Nemser);

[0028] und in einer Veröffentlichung von T. Stork und R. Poola, betitelt "Membrane-Based Air Composition Control for Light Duty Diesel Vehicles", Center for Transportation Research Argonne National Library (October 1998) dargestellt.

[0029] Wie in den **Fig. 2, 3** und **4** zusehen, weist die Lufttrennvorrichtung **60** ein Gehäuse oder eine Hülle **82** mit einem Verbrennungsluftereinlass **62**, mit einem Spülgaseinlass **74**, mit einem Durchlassauslass **70** und einen Rückhaltauslass **72** darin auf. Die Membran **80** weist eine Vielzahl von selektiv permeablen bzw. durchlässigen Fasern **84** auf, die im allgemeinen in einer längst gerichteten oder schraubenförmigen Orientierung innerhalb des Gehäuses **2** und **80** angeordnet sind, und die an jedem Ende in einem Dichtungsmaterial (potting material) beziehungsweise Keramikmaterial **86** eingebettet sind. Die Anwendung des Dichtungsmaterials **86** ist vorteilhaft bei der Erleichterung der Herstellung und Montage; jedoch können auch andere Dichtungssubstanzen verwendet werden. Beispielsweise kann ein Elastomer-Flächenelement am Ende mit Löchern verwendet werden, die um jede hohle Fasern **84** herum sitzen. Nur einige der Fasern **84** sind zur Verdeutlichung in **Fig. 2** genau dargestellt worden. Der Verbrennungsluftstrom **64** kann in die Vorrichtung **60** nur dadurch eintreten, dass er in die hohlen Fasern **84** fließt, und zwar weil das Gebiet zwischen den Fasern **84** durch das Dichtungsmaterial beziehungsweise Keramikmaterial **86** abgedichtet ist.

[0030] Wie in **Fig. 4** gezeigt sind die Fasern **84** hohle, poröse Strukturen, durch welche ausgewählte Gase relativ schnell nach außen diffundieren, während andere Gase vergleichsweise langsam nach aussen diffundieren bzw. laufen (Permeation) und dazu tendieren, in der Struktur gehalten zu werden und entlang deren Länge transportiert zu werden. Es ist für das Einlasslufttrennsystem **10** von Wichtigkeit, das Sauerstoff durch die Fasern **84** schneller hindurchläuft bzw. diffundiert als Stickstoff.

[0031] Jede Faser **84** weist ein stark durchlässiges Rohr **90** auf, welches ein strukturelles Element der Faser bildet. Eine Durchlassbarrierenlage **92** ist an der Außenseite des Rohrs **90** vorgesehen. Die Lage **92** ist eine selektive Barriere für die Permeation bzw. die Diffusion von Gasen dort hindurch und ist daher verantwortlich für die Auftrennung des Verbrennungsluftstroms **64** in einen sauerstoffangereicherten Strom **66** und einen stickstoffangereicherten Luftstrom **68**. Ein Sammelfilter ist in der Art und Weise einer Sammellage bzw. Kondensationslage **94** auf der Innenseite von jedem Rohr **90** vorgesehen. Der herein kommende Verbrennungsluftstrom **64** wird zuerst der Sammellage **94** ausgesetzt, und irgendein Aerosol oder eine Flüssigkeit wird in kleinen Tröpfchen **96** gesammelt, die sich auf der Sammellage **94** akkumulieren bzw. ansammeln. Die Sammellage **94** begrenzt die Wanderung von Flüssigkeiten und Aerosolen durch das Rohr **90** in der Durchlassbarrierenlage **92**.

[0032] Der Verbrennungsluftstrom **64** wird in die Einlasslufttrennvorrichtung **60** im allgemeinen am Ende des Gehäuses **82** und der Fasern **84** eingeleitet, um durch die Längsrichtung dort hindurch zufließen. Sauerstoff tendiert dazu, durch die Fasern **84** hindurch zulaufen bzw. zu diffundieren, während Stickstoff dies nicht tut. Der Spülgasfluss **76** wird in die Lufttrennvorrichtung **60** auf den Durchlass-

seiten der Fasern **84** eingeleitet.

[0033] Um ordnungsgemäß das Abgas zur Anwendung in der Lufttrennvorrichtung **60** als Spülgasfluss **76** zu konditionieren bzw. vorzubereiten, ist ein Partikelfilter **98** (**Fig. 1**) zur Entfernung von Verunreinigungen und ein Wärmetauscher **100** zur Konditionierung bzw. Vorbereitung der Temperatur des Gases in der Spülgasleitung **78** vorgesehen.

[0034] Weiterhin können Flussteuervorrichtungen wie beispielsweise Ventile **102** verwendet werden, um den Fluss des Verbrennungsluftstroms **64**, des sauerstoffangereicherten Luftstroms **66**, des stickstoffangereicherten Luftstroms **68** und des Spülgasflusses **76** zu steuern. Beispielhafte Ventile **102** sind in den Zeichnungen an verschiedenen Stellen gezeigt, und wiederum wird der Fachmann leicht erkennen, dass mehr oder weniger Ventile **102** verwendet werden können.

Industrielle Anwendbarkeit

[0035] Im Gebrauch und im Betrieb eines Einlasslufttrennsystems **10** der vorliegenden Erfindung wird Brennstoff zu den Brennkammern **230** zusammen mit der Verbrennungsluft geliefert, wie noch beschrieben wird, und die Mischung des Brennstoffes und der Verbrennungsluft wird in bekannter Weise verbrannt. Abgas von den Kammern **32** wird zur Auslasssammelleitung **42** ausgelassen und fließt zur Auslassleitung **44**. Der Abgasstrom **46** in der Auslassleitung **44** fließt durch die Turbine **22**, was Leistung zur Drehung der Turbine **22** liefert. Die Turbine **22** wiederum treibt den Kompressor **20** in bekannter Weise an.

[0036] Einlassluft wird durch den Einlasslufteinlass **26** zum Kompressor **20** hineingezogen und wird darin komprimiert und zur Einlassleitung **14** ausgelassen. Der Verbrennungsluftstrom **64** fließt durch die Einlassleitung **14** und den Luft-Luft-Nachkühler bzw. ATAAC **24** zur Lufttrennvorrichtung **60**. Schmieröl, welches im Kompressor **20** vorgesehen ist, kann in dem Luftfluss durch den Kompressor **20** enthalten sein. Weiterhin können Temperaturveränderungen während des Prozesses die Kondensation von Gasen zu Flüssigkeiten zur Folge haben, die auch in dem Verbrennungsluftstrom **64** enthalten sein können. Falls sie nicht entfernt werden, sammeln sich die kleinen Tröpfchen der Flüssigkeiten auf der Membran **80**, und insbesondere bei der Durchlassbarrierenlage **92**, was deren Wirkungsgrad der Trennung verringert.

[0037] Der Verbrennungsluftstrom **64** tritt in die Vorrichtung **60** am Einlass **62** ein und fließt durch die Fasern **84**. Die selektive Durchlässigkeit der Fasern **84** teilt den Verbrennungsluftstrom **64** in einen sauerstoffangereicherten Luftstrom **66**, der jene Gase einschließt, die durch die Fasern **84** hindurchlaufen bzw. diffundiert sind, und insbesondere durch die Durchlassbarrierenlage **92** davon, die dann zum Durchlassauslass **70** fließen; und den stickstoffangereicherten Luftstrom **68**, der jene Gase einschließt, die nicht durch die Fasern **84** hindurchlaufen können, und insbesondere durch ihre Durchlassbarrierenlage **92**, bevor sie den Rückhaltauslass **72** erreichen.

[0038] Die Aerosole bzw. Sprühnebel und andere Tröpfchen von Strömungsmittel, die in dem Verbrennungsluftstrom **64** enthalten sind, werden auf der Sammellage **94** gesammelt und werden davon abgehalten, durch das Rohr **90** zu laufen, um die Lage **92** zu erreichen. Der Luftfluss durch jede Faser **84** bewirkt, dass die Tröpfchen **96** auf der Sammellage **94** zum Rückhaltauslass **72** wandern. Die Positionierung der Lufttrennvorrichtung **60** in zumindest einer minimalen vertikalen Orientierung, wobei der Einlass **62** an einer höheren Position ist, als der Rückhaltauslass **72**, hilft dabei, die Tröpfchen **96** zum Rückhaltauslass **72** zubewegen.

Bei den meisten Umständen können die Tröpfchen **96** zu den Brennkammern **32** ohne schädliche Effekte auf den Verbrennungsprozess in den Brennkammern **32** laufen.

[0039] Es sei bemerkt, dass während die Funktion der Fasern **84** so beschrieben wurde, dass sie den Verbrennungsluftstrom **64** in einen sauerstoffangereicherten Luftstrom **66** und einen stickstoffangereicherten Luftstrom **68** aufteilen, wird jeder der aufgeteilten Luftströme viele andere Gase als entweder Sauerstoff oder Stickstoff enthalten. Der sauerstoffangereicherte Luftstrom **66** ist reicher als der stickstoffangereicherte Luftstrom **68** mit den Gasen angereichert, die leicht durch die Fasern **84** hindurch laufen, wie beispielsweise Wasserstoff, Wasserdämpfe und Kohlendioxid zusätzlich zu Sauerstoff. Der stickstoffangereicherte Luftstrom **68** ist bezüglich den Gasen besser angereichert als der sauerstoffangereicherte Luftstrom **66**, die nicht durch die Fasern **84** leicht hindurchlaufen, wie beispielsweise Kohlenmonoxid und Stickstoff. Weiterhin ist es keine definitive Trennung der Gase. Beispielsweise läuft nicht der gesamte Sauerstoff durch die Fasern **84** hindurch. Eine ausreichende Sauerstoffmenge bleibt in dem stickstoffangereicherten Luftstrom **68**, um die Verbrennung in den Brennkammern **32** zu unterstützen.

[0040] Ein Teil des Abgases vom Abgasstrom **46** tritt in die Spülgasleitung **78** ein, wodurch er ein Spülgasfluss **76** wird, und fließt durch die Spülgasleitung **78** zum Spülgas-einlass **74** der Lufttrennvorrichtung **60**. Der Spülgasfluss **76** tritt in die Lufttrennvorrichtung **60** auf der Durchlassseite der Fasern **84** ein. Der Spülgasfluss **76**, der ein Abgas aus der Verbrennung in den Brennkammern **32** ist, hat einen geringen Sauerstoffgehalt und einen hohen Stickstoffgehalt.

[0041] Unter den Faktoren, die die Durchlassraten der Gase durch die Fasern **84** beeinflussen, sind die Partialgasdrücke der Gase auf den gegenüberliegenden Seiten der Fasern **84**. Durch vorsehen eines Reinigungs- oder Spülgasflusses **76** auf der Durchlassseite der Fasern **84**, der einen hohen Stickstoffgehalt und einen niedrigen Sauerstoffgehalt hat, werden die Durchlassraten des Sauerstoffes und des Stickstoffflusses durch die Fasern **84** beeinflusst. Durch Verwendung eines Spülgasflusses **76** wie beschrieben, wird eine höhere Rate des Sauerstoffdurchlasses ohne eine Steigerung der Rate des Stickstoffdurchlasses erreicht. Somit kann insbesondere bei höheren Belastungen des Motors **12** ein höherer Sauerstofffluss ohne eine Steigerung des Stickstoffflusses erreicht werden. Alternativ ist weniger Oberfläche der Fasern **84** für eine gegebene Reinheitsanforderung des zurückgehaltenen Stickstoffes erforderlich, und zwar mit einer entsprechenden Verringerung des Brennstoffverbrauches auf Grund der Verringerung des gesamten Massenflusses über die Fasern **84**.

[0042] Die Vorrichtung **60** mit den geeigneten Membranen **80** kann verwendet werden, um einen hereinkommenden Gasstrom in einen Strom mit einem ersten Gasbestandteil und in einen Strom mit einem zweiten Gasbestandteil aufzutrennen, und zwar für andere Gase als Sauerstoff und Stickstoff, und für andere Prozesse als die Lieferung eines Verbrennungsluftstroms für einen Motor. Die Anwendung einer Sammellage **94** gemäß der vorliegenden Erfindung bietet Vorteile zur Trennung von Gasströmen ebenfalls in diesen alternativen Situationen. Während weiterhin die Erfindung mit einer Membran **80** gezeigt und beschrieben wurde, die mit den hohlen Fasern **84** assoziiert ist, kann die Membrane **80** auch als eine Barriere zwischen den gegenüberliegenden Seiten davon in anderen Anordnungen als Rohren verwendet werden, und die Sammellage **94**, die damit assoziiert ist, wird Vorteile bieten.

[0043] Der Fluss kann entgegengesetzt zu jenem sein, der gezeigt wird, wobei der hereinkommende Gasstrom auf der

Außenseite der Rohre **90** vorgesehen wird, wobei in diesem Fall die Durchlassbarrierenlage **92** und die Sammellage **94** bezüglich ihrer Position umgedreht sein werden, wobei die Sammellage **94** auf der Außenseite des Rohrs **90** liegt, und wobei die Durchlassbarrierenlage **92** auf der Innenseite des Rohrs **90** liegt. Die Sammellage **94** ist zwischen dem herein-

kommandenden Gasstrom und der Durchlassbarrierenlage **92** in Gasflussrichtung vorgesehen.

[0044] Die vorliegende Erfindung bietet eine verbesserte Leistung einer Lufttrennmembran durch Entfernung von Aerosolen oder kleinen Flüssigkeitströpfchen, die in dem Luftstrom vorhanden sind, der einer Trennung unterworfen wird. Eine Entfernung wird wirkungsvoll ausgeführt, und zwar ohne eine Notwendigkeit von großen extra dafür vorgesehenen bzw. getrennten Vorrichtungen und ohne einen daraus resultierenden signifikanten Druckabfall, der oft mit getrennten Sammel filtern assoziiert ist.

[0045] Andere Aspekte, Ziele und Vorteile dieser Erfindung können aus einem Studium der Zeichnungen, der Offenbarung und der beigefügten Ansprüche erhalten werden.

Patentansprüche

1. Einlasslufttrennsystem, das geeignet ist, um stickstoffangereicherte Luft für einen Verbrennungsprozess innerhalb eines Verbrennungsmotors zu liefern, der eine Einlasssammelleitung besitzt, wobei das Einlasslufttrennsystem folgendes aufweist:

einen Einlassluftereinlass, der geeignet ist, um Einlassluft zu liefern, die in den Verbrennungsprozess für den Motor verwendet wird;

eine Einlasslufttrennvorrichtung in Flussverbindung mit dem Einlassluftereinlass und geeignet zur Aufnahme der Einlassluft und zur Auftrennung der Einlassluft in einen sauerstoffangereicherten Luftstrom und einen stickstoffangereicherten Luftstrom, wobei die Einlasslufttrennvorrichtung einen integralen Sammel filter aufweist;

einen Durchlassauslass in Strömungsmittelverbindung mit der Einlasslufttrennvorrichtung und geeignet zur Aufnahme des sauerstoffangereicherten Luftstroms; und

einen Rückhaltauslass in Strömungsmittelverbindung mit der Einlasslufttrennvorrichtung und der Einlasssammelleitung, wobei der Rückhaltauslass geeignet ist, um den stickstoffangereicherten Luftstrom zur Einlasssammelleitung zur Verwendung in dem Verbrennungsprozess zu liefern.

2. Einlasslufttrennsystem nach Anspruch 1, wobei die Einlasslufttrennvorrichtung eine Vielzahl von hohlen Fasern aufweist, die integrale Sammel filter besitzen.

3. Einlasslufttrennsystem nach Anspruch 2, wobei die Fasern jeweils ein Rohr, eine Durchlassbarrierenlage und eine Sammellage besitzen.

4. Einlasslufttrennsystem nach Anspruch 3, wobei die Durchlassbarrierenlagen auf den Außenflächen der Rohre angeordnet sind, und wobei die Sammellagen auf den Innenflächen der Rohre angeordnet sind.

5. Einlasslufttrennsystem nach Anspruch 4, wobei die Einlasslufttrennvorrichtung eine Hülle besitzt, wobei die Rohre in der Hülle angeordnet sind, und wobei die Rohre enden besitzen, die in einem Dichtungsmaterial bzw. Keramikmaterial eingebettet sind.

6. Einlasslufttrennsystem nach Anspruch 5, wobei die Einlasslufttrennvorrichtung einen Einlass für die Einlassluft besitzt, und wobei die Einlasslufttrennvorrichtung in dem Einlass an einer höheren Höhe angeordnet ist, als der Rückhaltauslass.

7. Einlasslufttrennsystem nach Anspruch 1, wobei die Einlasslufttrennvorrichtung einen Einlass für die Einlassluft besitzt, und wobei die Einlasslufttrennvorrichtung so angeordnet ist, dass sie auf einer höheren Höhe liegt als der Rückhaltauslass.

8. Einlasslufttrennvorrichtung nach Anspruch 1, die einen Kompressor in Strömungsmittelflussverbindung mit dem Einlassluftereinlass und der Einlasslufttrennvorrichtung aufweist.

9. Verfahren zur Auftrennung eines Einlassluftflusses in einem Verbrennungsmotor, wobei der Motor ein Einlassluftsystem besitzt, das geeignet ist, um Einlassluft zu einer Einlasssammelleitung, und eine oder mehrere Brennkammern zu liefern, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

vorsehen einer Einlasslufttrennvorrichtung, die eine Durchlassbarrierenlage aufweist;

leiten der Einlassluft zu der Einlasslufttrennvorrichtung;

in der Einlasslufttrennvorrichtung an der erwähnten Durchlassbarrierenlage, Aufteilung der Einlassluft in einen sauerstoffangereicherten Luftstrom und einen stickstoffangereicherten Luftstrom;

vorsehen einer Sammellage in der Einlasslufttrennvorrichtung um Flüssigkeitströpfchen davon abzuhalten, die Durchlassbarrierenlage zu erreichen; und

leiten von Flüssigkeitströpfchen aus der Lufttrennvorrichtung mit dem stickstoffangereicherten Luftstrom.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dass die Behandlung der Einlassluft mit der Sammellage aufweist, bevor die Einlassluft mit der Durchlassbarrierenlage behandelt wird bzw. dieser ausgesetzt wird.

11. Gastrennvorrichtung zur Auftrennung eines eintretenden Abgasstromes in einen Strom mit einem ersten Gasbestandteil und einem Strom mit einem zweiten Gasbestandteil, wobei die Gastrennvorrichtung folgendes aufweist:

eine Hülle;

einen Einlass in der erwähnten Hülle zur Aufnahme des eintretenden Abgasstromes in der Hülle,

einen Durchlassauslass aus der Hülle für den Strom mit den ersten Gasbestandteilen; einen Rückhaltauslass aus der Hülle für den Strom mit dem zweiten Gasbestandteil; und

eine Vielzahl von Fasern, die in der Hülle angeordnet sind, wobei jede Faser geeignet ist, um einen Teil des hereinkommenden Gasstroms aufzunehmen, wobei jede Faser folgendes aufweist:

eine Durchlassbarrierenlage, die geeignet ist, um den Teil des eintretenden Gasstroms in einen Strom mit einem ersten Gasbestandteil und in einen Strom mit einem zweiten Gasbestandteil aufzutrennen; und

eine Sammellage, die den Durchgang von Strömungsmitteltröpfchen durch die Durchlassbarrierenlage zurückhält.

12. Gastrennvorrichtung nach Anspruch 11, wobei jede Faser ein hohles Rohr aufweist, wobei die Durchlassbarrierenlage auf einer Außenfläche des hohlen Rohrs angeordnet ist, und wobei die Sammellage auf einer Innenseite des hohlen Rohrs angeordnet ist.

13. Gastrennvorrichtung nach Anspruch 12, wobei jedes hohle Rohr in einem Bett von Dichtungsmaterial bzw. Keramikmaterial an dem Einlass angeordnet ist, um den hereinkommenden Luftstrom so zu leiten, dass er in die Rohre fließt.

14. Verbrennungsmotor, der folgendes aufweist: einen Verbrennungsabschnitt, der eine Vielzahl von Brennkammern aufweist;

ein Abgassystem, dass eine Abgasleitung aufweist;
 eine Einlasssammelleitung;
 ein Einlasslufttrennsystem, das geeignet ist, um einen
 Strom mit stickstoffangereicherter Luft für einen Ver-
 brennungsprozess innerhalb der Vielzahl von Brenn- 5
 kammern zu liefern, wobei das Einlasslufttrennsystem
 folgendes aufweist:
 einen Einlasslufterinlass, der geeignet ist, um die Ein-
 lassluft zu liefern, die in dem Verbrennungsprozess für
 den Motor verwendet wird; 10
 eine Einlasslufttrennvorrichtung in Flussverbindung
 mit dem Einlasslufterinlass und zwar geeignet zur Auf-
 nahme der Einlassluft und zur Auftrennung der Ein-
 lassluft in einen sauerstoffangereicherten Luftstrom
 und einen stickstoffangereicherten Luftstrom, wobei 15
 die Einlasslufttrennvorrichtung einen integralen Sam-
 melfilter aufweist;
 einen Durchlassauslass in Flussverbindung mit der
 Einlasslufttrennvorrichtung und geeignet zur Auf-
 nahme des sauerstoffangereicherten Luftstroms; und 20
 einen Rückhaltauslass in Flussverbindung mit der Ein-
 lasslufttrennvorrichtung und der Einlasssammellei-
 tung, wobei der Rückhaltauslass geeignet ist, um den
 stickstoffangereicherten Luftstrom zur Einlasssamm-
 melleitung zur Anwendung in dem Verbrennungspro- 25
 zess zu leiten.
 15. Verbrennungsmotor nach Anspruch 14, der einen
 Turbolader mit einem Kompressor aufweist, der unter
 Druck gesetzte Einlassluft zur Einlasslufttrennvorrich- 30
 tung liefert, und mit einer Turbine, die durch den Ab-
 gasfluss durch die Auslasssammelleitung angetriebe-
 nen wird.
 16. Verbrennungsmotor nach Anspruch 15, wobei die
 Einlasslufttrennvorrichtung eine Vielzahl von hohlen
 Fasern mit integralen Sammelfiltern aufweist. 35
 17. Verbrennungsmotor nach Anspruch 16, wobei die
 Fasern jeweils ein Rohr aufweisen bzw. sind, weiter
 eine Durchlassbarrierenlage und eine Sammellage.
 18. Verbrennungsmotor nach Anspruch 17, wobei die
 Durchlassbarrierenlagen auf den Außenseiten der 40
 Rohre angeordnet sind, und wobei die Sammellagen
 auf den Innenseiten der Rohre angeordnet sind.
 19. Verbrennungsmotor nach Anspruch 17, wobei die
 Einlasslufttrennvorrichtung eine Hülle besitzt, wobei
 die Rohre in der Hülle angeordnet sind, und wobei die 45
 Rohre enden besitzen, die in einem Dichtungsmaterial
 bzw. Keramikmaterial eingebettet sind.
 20. Verbrennungsmotor nach Anspruch 19, wobei die
 Einlasslufttrennvorrichtung einen Einlass für die Ein-
 lassluft besitzt, und wobei die Einlasslufttrennvorrich- 50
 tung in dem erwähnten Einlass an einer höheren Höhe
 angeordnet ist, als der Rückhaltauslass.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

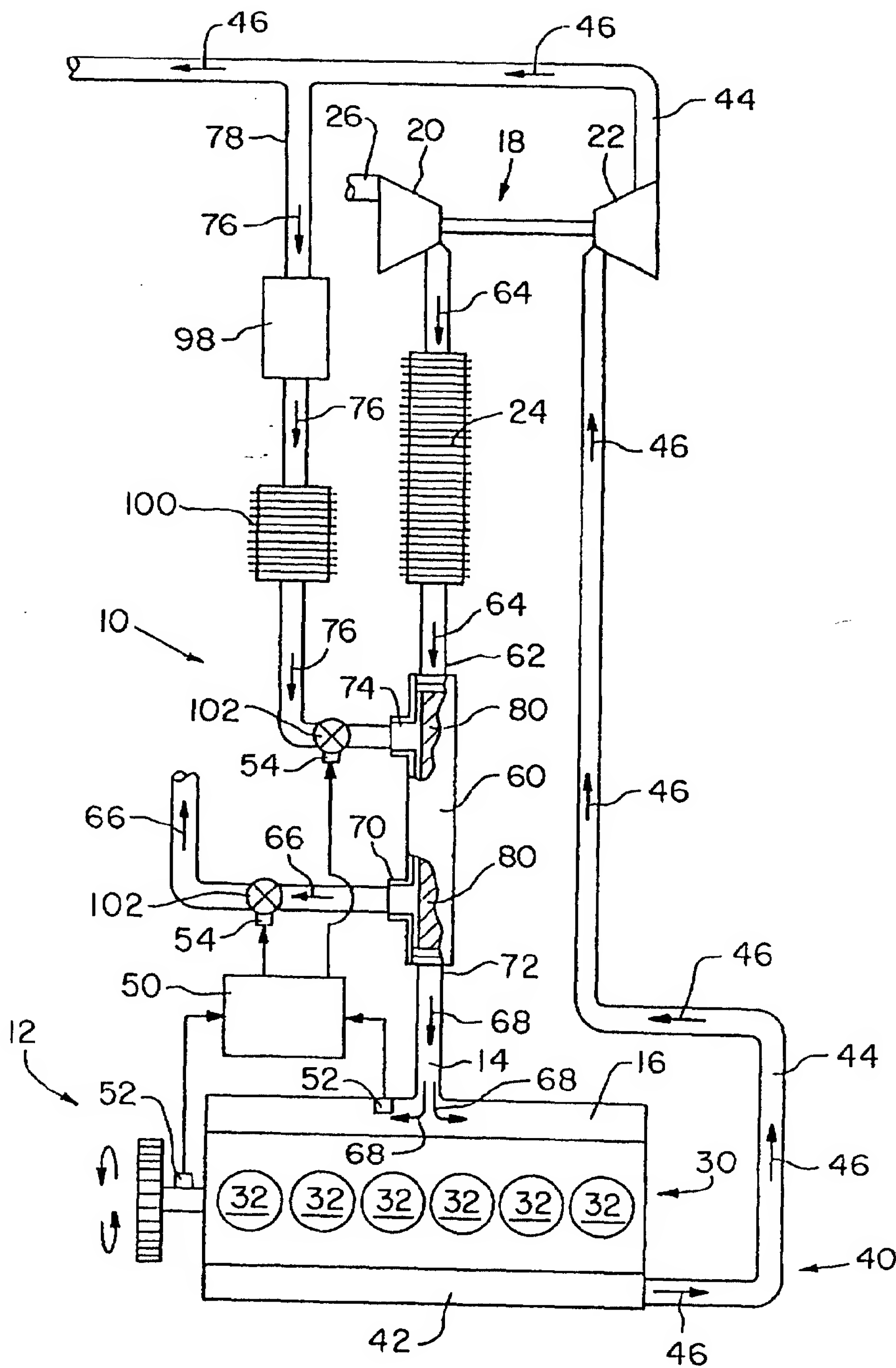


Fig. 1

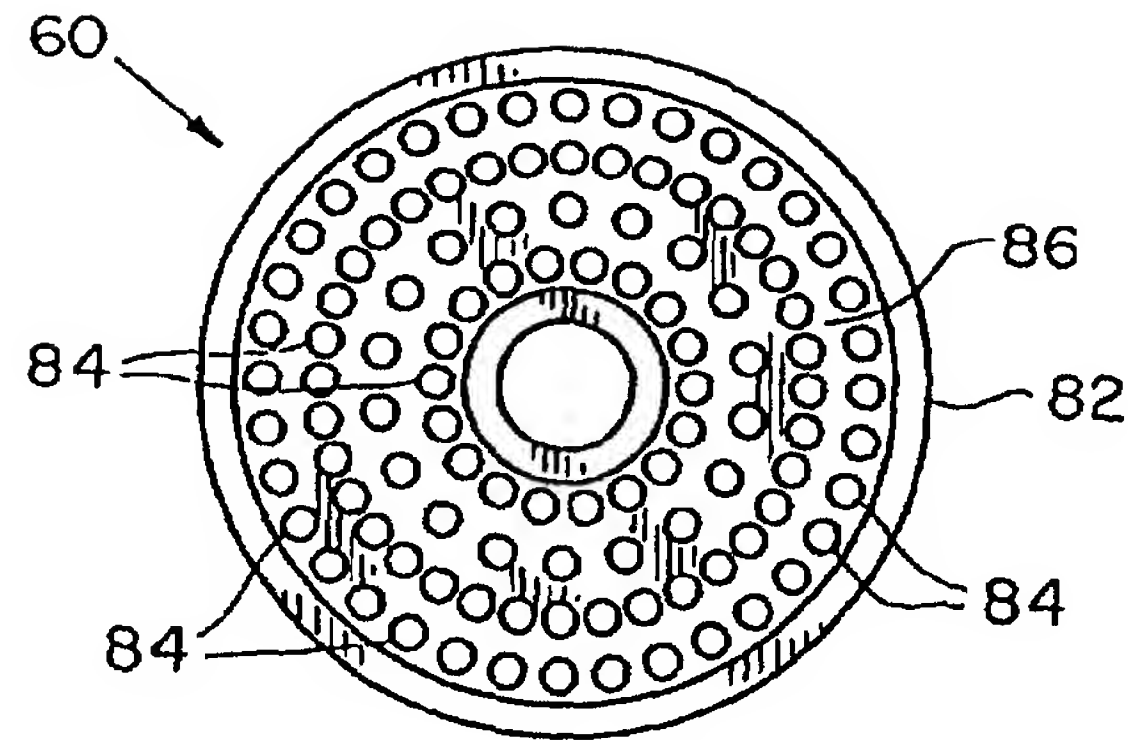


Fig. 2

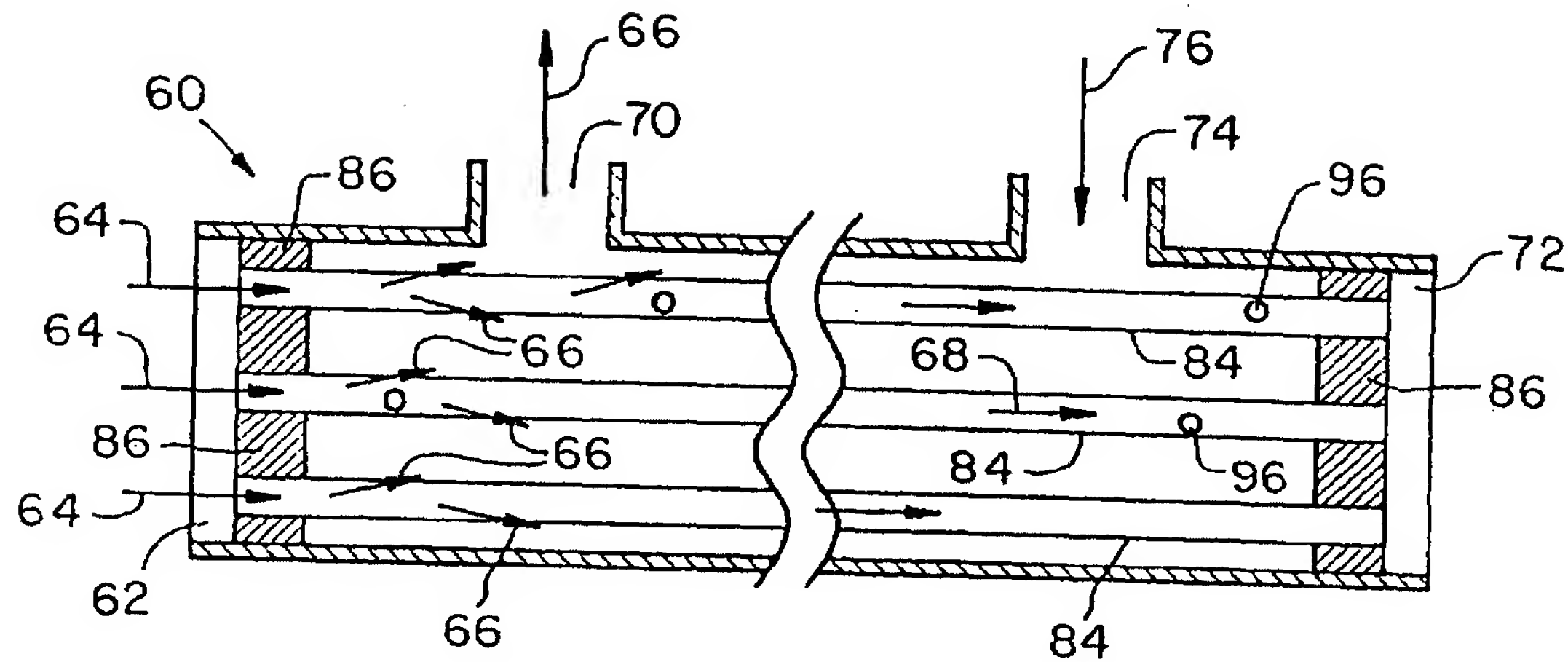


Fig. 3

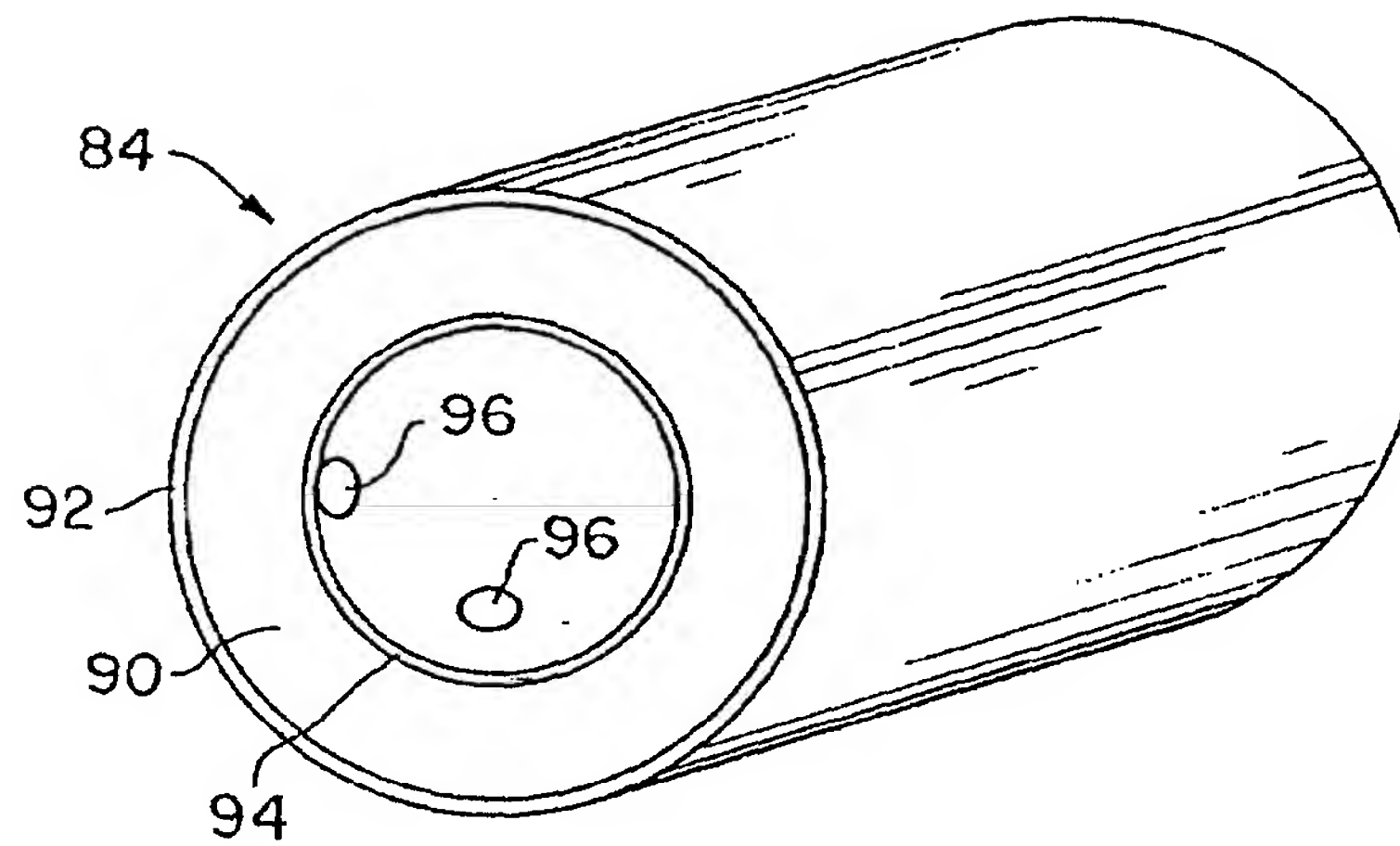


Fig. 4